

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**PRIORITY DOCUMENT**  
 SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
 COMPLIANCE WITH  
 RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D	26 AUG 2004
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**BEST AVAILABLE COPY**

**Aktenzeichen:** 103 33 463.7

**Anmeldetag:** 22. Juli 2003

**Anmelder/Inhaber:** ALSTOM Power Energy Recovery GmbH,  
34123 Kassel/DE

**Bezeichnung:** Rohrbündelwärmetauscher

**IPC:** F 28 D 7/06

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 26. Juli 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
 Im Auftrag

*S* *L* *e*

**Stremme**



## Beschreibung

### Rohrbündelwärmetauscher

Die Erfindung bezieht sich auf einen Rohrbündelwärmetauscher mit wenigstens einem, ein Heiz- oder Kühlmedium, insbesondere ein Heizgas führenden Kanal, wobei die Rohre der Rohrbündel im wesentlichen achsparallel zur Kanal-Längsachse durch den Kanal verlaufen und das Heiz- oder Kühlmedium durch an den jeweiligen Mantelwänden des Kanals abwechselnd angeordnete und befestigte Ringe und Scheiben in axialer Richtung des Kanals gesehen zickzackförmig durch den im wesentlichen einen kreisringförmigen Querschnitt aufweisenden Kanal geleitet wird.

Für zahlreiche chemische und petrochemische Prozesse werden Rohrbündelwärmetauscher benötigt, die auf der Rohr- und Mantelseite (Kanalseite) mit unterschiedlichen gasförmigen und/oder flüssigen Medien bestromt werden. Dabei werden auf der Kanalseite zur Erhöhung des Wärmeübergangskoeffizienten des Wärmetauschers und zur Abstützung der Rohrbündel-Rohre innerhalb des Kanals in bestimmten Abständen Umlenkbleche (Ringe und Scheiben) eingebaut, mit deren Hilfe jeweils zwischen den Umlenkblechen eine quer zu den Rohrbündel-Rohren bzw. Heizflächenrohren gerichtete Strömung des Heiz- oder Kühlmediums erzeugt wird. Diese Strömungskomponente kann an die Heizflächenrohre mit pulsierenden Kräften wirken, so dass diese zur Schwingung angeregt werden und im schlimmsten Fall durch ständiges Schwingen, insbesondere im Resonanzbereich der Rohre, mechanisch belastet werden.

Die Eigenfrequenz der Rohre ist hauptsächlich vom Rohrdurchmesser, der Wanddicke der Rohre und dem Abstand der Stützpunkte (Rohrplatten, Umlenkbleche die ein Rohr anstützen) bestimmt. Die Erregungsschwingungsfrequenz des Mediums (Heiz- oder Kühlmedium) ist von der Querkomponente der Geschwindigkeit des Mediums und der Rohrteilung abhängig. Eine Übereinstimmung der Eigenfrequenz der Rohre mit der Erregungsschwingungsfrequenz führt zu einer Schwingungsresonanz mit unkontrolliert großen Schwingungsamplituden und in Folge dessen zu einer hohen mechanischen Belastung der Rohre und der Gefahr von Rissen oder anderer mechanischer Schäden.

In der technischen Praxis wird die Gefahr einer Resonanzschwingung in der Regel mit Hilfe einer Schwingungsanalyse, die beispielsweise nach der TEMA Norm (Tubular Exchanger Manufacturers Association - Norm) oder einem anderen anerkannten Verfahren durchgeführt werden soll, ausgeschlossen. Um die Resonanzschwingung auszuschließen, ist es oft notwendig, die Eigenschwingung der Rohre durch sehr kurze Abstände der Stützpunkte zu verstauen. Da die Randrohre, d.h. die jeweiligen im Bereich des äußeren bzw. des inneren Mantelbereiches liegenden Rohre, durch jedes zweite Umlenkblech und somit kanalseitig die Außenrohre eines Rohrbündels durch die Ringbleche bzw. Ringe und die inneren Rohre des Rohrbündels durch die Scheiben gehalten werden, werden bzw. würden die Umlenkblechabstände zueinander sehr klein, was zu einem hohen Druckverlust auf der Mantelseite führt bzw. führen würde.

Aus der Druckschrift „Process Gas Waste Heat Recovery Systems for ammonia, methanol, hydrogen and coal gasification plants“, Deutsche Babcock, Babcock-Borsig, Seite 14, ist ein Rohrbündelwärmetauscher mit zwei Gaskanälen und Umlenkblechen bekannt geworden, bei dem kanalseitig die Außenrohre der Rohrbündel durch Ringbleche und die Innenrohre der Rohrbündel durch Scheiben gehalten werden.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen Rohrbündelwärmetauscher zu schaffen, der die vorgenannten Nachteile vermeidet bzw. die jeweiligen Rohre der Rohrbündel innerhalb des Kanals bzw. der Kanäle sicher abzustützen und Schwingungsresonanzen an den Rohrbündelrohren, die zu mechanischen Schäden führen können, zu verhindern.

Die vorstehend genannte Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Die Lösung sieht dabei vor, dass in wenigstens einem Kanal die Ringe und Scheiben jeweils sämtliche Rohre eines Kanals mittels zylindrischer Ausnehmungen bzw. Bohrungen aufnehmen und positionieren und die Perimeterkontur der Ringe und der Scheiben an der Medium-Durchströmungsseite jeweils den Mittelpunkten der äußersten bzw. innersten Rohrbündelrohre folgen, wobei die Perimeterkontur einen sämtliche äußersten bzw. innersten Rohre umhüllenden Schenkel umfasst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Durch die erfindungsgemäße Lösung wird ein Rohrbündelwärmetauscher geschaffen, der die nachfolgenden Vorteile aufweist:

- Sämtliche Rohrbündelrohre sind innerhalb des Kanals sicher abgestützt und positioniert,
- sämtliche Rohre sind derart abgestützt, dass die Frequenz der ersten harmonischen Schwingung der Rohre auf jeden Fall oberhalb der Erregungsfrequenz der Rohre infolge der Mediumströmung liegt und infolgedessen auch keine Schwingungsresonanz an den Rohrbündelrohren auftritt,
- trotz kleinerer Stützabstände der einzelnen Rohre wird der Medium-Druckverlust, wenn überhaupt, nur unwesentlich erhöht.

In vorteilhafter Weise bleibt die Breite des Schenkels als Abstand zwischen der Außenwand des Rohres und der Perimeterkontur zumindest partiell konstant. Dies bedeutet, dass bei den besagten Bereichen zwischen dem Mittelpunkt bzw. der Außenwand der äußersten bzw. innersten Rohre zur Perimeterkontur der gleiche Abstand vorherrscht, was von konstruktiver Seite und der Herstellungsseite eine Vereinfachung darstellt.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung liegt die Breite des Schenkels zwischen 3 und 10 Millimeter. Durch diese Ausgestaltung wird erreicht, dass nicht nur innere bzw. zentrale Rohre der Rohrbündel sicher aufgenommen und positioniert werden, sondern auch die äußersten bzw. innersten Rohre des jeweiligen Kanals. In besonders vorteilhafter Ausgestaltung ist die Breite des Schenkels kleiner als 3 Millimeter ausgebildet. Mit dieser Ausgestaltung kann ein Maximum an freiem Durchtrittsquerschnitt des Heiz- oder Kühlmediums an der Durchströmungsseite der Ringe bzw. Scheiben erzielt werden.

Durch eine zumindest teilweise wellenförmig der Außenkontur der äußersten bzw. innersten Rohre folgenden Perimeterkontur kann eine hinsichtlich Fertigung, verbleibender Durchströmungsquerschnitt usw. vorteilhafte Ausgestaltung der Ringe bzw. Scheiben erzielt werden. Vorteilhaft bzw. zusätzlich vorteilhaft kann es sein, dass die Perimeterkontur zumindest partiell parallel zu einer gedachten Verbindungslinie zweier oder mehrerer

äußerer bzw. innerer Rohr-Mittelpunkte verläuft. Dies ist dann vorteilhaft, wenn ausreichend Durchströmungsquerschnitt an den Ringen bzw. Scheiben vorhanden ist und die Perimeterkontur somit nicht jedem einzelnen Rohrquerschnitt folgen muss.

Bei mehr als einem vorhandenen Kanal innerhalb des Rohrbündelwärmetauschers werden zwei oder mehrere Kanäle konzentrisch zueinander angeordnet. Durch diese Maßnahme wird ein kompakter Wärmetauscher erzielt:

In vorteilhafter Weise werden bei zwei oder mehreren vorhandenen Kanälen die mit Perimeterkontur ausgebildeten Ringe und Scheiben im äußeren Kanal oder in den äußeren Kanälen angeordnet. Durch diese Maßnahme kann der durch die Umlenkbleche Ring und Scheibe verursachte Druckverlust des Heiz- oder Kühlmediums gering gehalten werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung können die Rohre der jeweiligen Rohrbündel als U-Rohre oder als gerade Rohre ausgebildet sein. Damit können erfindungsgemäß Wärmetauscher mit unterschiedlich ausgebildeten Rohrbündeln ausgestattet sein und somit für die unterschiedlichsten Anwendungsfälle einsetzbar sein.

Vorteilhaft kann es sein, die erfindungsgemäßen Ringe und/oder Scheiben halbmondförmig auszubilden. Dies führt insbesondere bei Rohrbündelwärmetauschern mit geraden Rohren (anstelle der U-Rohre) zu einer stärkeren Queranströmung der Rohre und somit einem höheren Wärmeübergang.

In vorteilhafter Ausgestaltung werden querschnittsseitig die Rohre innerhalb des Kanals in einer dreieck- oder viereckförmigen oder einer anderen geometrischen Teilung bzw. Struktur angeordnet. Die dreieckförmige Teilung bzw. Struktur ist insbesondere bei hohen Drücken im Wärmetauscher vorteilhaft, da damit eine wesentlich höher verstifte Rohrplatte erzielbar ist. Viereckförmige oder andere geometrische Strukturen bzw. Rohrteilungen sind für mittlere und niedrigere Drücke von Vorteil.

Nachstehend sind Ausführungsbeispiele der Erfindung an Hand der Zeichnung und der Beschreibung näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen Rohrbündelwärmetauscher gemäß einem Stand der Technik,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch einen Rohrbündelwärmetauscher gemäß der Erfindung,

Fig. 3 einen Teilquerschnitt gemäß Schnitt A-A in Figur 2,

Fig. 4 einen Teilquerschnitt gemäß Schnitt B-B in Figur 2,

Fig. 5 eine vergrößerte Detailansicht C gemäß der Figur 3,

Fig. 6 eine vergrößerte Detailansicht D gemäß der Figur 3,

Fig. 7 wie Figur 5, jedoch Rohrbündelrohre innerhalb des Kanals mit einer abweichenden (viereckförmigen) geometrischen Struktur verlegt,

Fig. 8 wie Figur 3, jedoch Rohrbündelrohre innerhalb des Kanals mit einer abweichenden (dreieckförmigen) geometrischen Struktur verlegt,

Fig. 9 eine vergrößerte Detailansicht E gemäß der Figur 8.

Ein Rohrbündelwärmetauscher 1 gemäß einem Stand der Technik ist aus der Figur 1 ersichtlich. Derartige Rohrbündelwärmetauscher werden für unterschiedlichste chemische und petrochemische Prozesse benötigt. Dabei wird ein Heiz- oder Kühlmedium 20, in den häufigsten Fällen ein Heizgas, durch einen Eintrittskanal 18 einem oder mehreren Kanälen bzw. Gaskanälen 4, 5 zugeführt, in dem bzw. denen die Wärme oder Kälte an darin verlaufende Rohre bzw. Heizflächenrohre 3 einer größeren Anzahl von Rohrbündeln 2

abgegeben wird, die ein zu erwärmendes oder abzukühlendes flüssiges oder gasförmiges Medium, beispielsweise Wasser und/oder Dampf, erhitzt oder abkühlt.

Der Aufbau des Rohrbündelwärmetauschers 1 gemäß der Figur 1 sieht vor, dass sich um den zentrisch angeordneten Eintrittskanal 18 in radialer Sichtweise und konzentrisch zueinander der erste Gaskanal bzw. Gaszug 4, der zweite Gaskanal oder Gaszug 5 und anschließend der Austrittskanal 19 anschließt. Die Kanäle 4, 5, 18, 19 weisen dabei eine gemeinsame Längsachse 6 auf, die der Längsachse des Rohrbündelwärmetauschers 1 entspricht. Der Querschnitt des Eintrittskanals 18 ist vorzugsweise im wesentlichen rund und der der Gaskanäle 4 und 5 sowie des Austrittskanals 19 im wesentlichen kreisringförmig.

Der an dem einen Ende des Rohrbündelwärmetauschers 1 durch den Eintrittskanal 18 einströmende Heiz- oder Kühlmediumstrom 20 wird am anderen Ende durch die die Rohrbündel 2 aufnehmende Rohr- bzw. Endplatte 17 um 180° umgelenkt und dem ersten Gaskanal bzw. Gaszug 4 zugeführt. Nach Durchströmung des ersten Gaskanals 4 erfolgt eine weitere 180°-Umlenkung und Zuführung des Heiz- oder Kühlmediumstromes 20 in den zweiten Gaskanal 5. Schließlich wird der Heiz- oder Kühlmediumstrom 20 nach Durchströmung des zweiten Gaskanals 5 durch die Rohrplatte 17 ein weiteres Mal um 180° umgelenkt und durch den Austrittskanal 19 aus dem Wärmetauscher 1 ausgeleitet.

Um die Effizienz der Wärme- bzw. Kälteübertragung zwischen Heiz- oder Kühlmedium 20 und dem in den Rohren 3 zirkulierenden und zu erhitzenden bzw. abzukühlenden Medium innerhalb der Gaskanäle 4, 5 zu erhöhen und um die Rohre 3 der Rohrbündel 2 abzustützen, ist vorgesehen, die Rohre 3 in bestimmten Abständen mittels Umlenkblechen abzustützen bzw. zu positionieren. Damit wird erreicht, dass der Heiz- oder Kühlmediumstrom 20 nicht parallel zu den Rohren 3 durch den Gaskanal 4, 5 strömt, sondern die Rohre 3 quer bzw. im wesentlichen quer anströmt und damit ein wesentlich besserer Wärmeübergang erzielt wird. Die Umlenkbleche sind derart gestaltet, dass an den beiden Mantelwänden 7, 8 (innere 7 und äußere 8 Gaskanal-Begrenzung) des Gaskanals 4, 5 Ringe 9 bzw. Scheiben 10 jeweils abwechselnd angeordnet sind, so dass eine zickzackförmige Heiz- oder Kühlmedium-Durchströmung des Gaskanals 4, 5 gebildet wird. Dabei werden die äußeren Rohre 3 der im Gaskanal 4, 5 verlaufenden Rohrbündelrohre

durch die an der Mantelwand 8 befestigten Ringe 9 und die inneren Rohre 3 der im Gaskanal 4, 5 verlaufenden Rohrbündelrohre durch die an der Mantelwand 7 befestigten Scheiben 10 gestützt und positioniert. Die Rohre 3 werden dabei durch die Ringe 9 bzw. Scheiben 10 in axialer Richtung jeweils mit einem Stützabstand S (Abstand zwischen zwei Ringen 9 bzw. zwischen zwei Scheiben 10) abgestützt, wobei die Abstützung der Scheiben 10 axial betrachtet jeweils mittig zwischen der Abstützung der Ringe 9 liegt.

Ausgehend von diesem Rohrbündelwärmetauscher 1 gemäß einem Stand der Technik weist der erfindungsgemäße Rohrbündelwärmetauscher 1, siehe Figur 2, in wenigstens einem Gaskanal 4, 5 Ringe 9 und Scheiben 10 auf, die jeweils alle Rohre 3 der Rohrbündelrohre dieses Gas kanals 4, 5 mittels jeweils einer zylindrischen Ausnehmung bzw. Bohrung 11 aufnehmen bzw. positionieren. Des weiteren wird erfindungsgemäß die Perimeterkontur 12 der Ringe 9 und der Scheiben 10 an der Medium-Durchströmungsseite 13 jeweils den Mittelpunkten 14, 15 der äußersten bzw. innersten Rohrbündelrohre 3 folgen, wobei die Perimeterkontur 12 einen sämtliche äußersten bzw. innersten Rohre 3 umhüllenden Schenkel 16 umfasst.

Bei der Medium-Durchströmungsseite 13 der Ringe 9 bzw. der Scheiben 10 handelt es sich um die Seite 13 der Ringe 9 bzw. Scheiben 10, die von dem Mediumstrom 20 passiert wird und somit den freien Durchgang bzw. Durchtritt des Heiz- oder Kühlmediumstroms 20 zwischen Ring 9 und innerer Mantelwand 7 bzw. Scheibe 10 und äußerer Mantelwand 8 bildet, siehe Figuren 3 bis 9.

Die Perimeterkontur 12 der Ringe 9 bzw. Scheiben 10 an der Durchströmungsseite 13 ist nicht kreisförmig ausgebildet, sondern sie folgt erfindungsgemäß und wie oben beschrieben den Mittelpunkten 14, 15 der äußersten bzw. innersten Rohrbündelrohre 3, d.h. die Perimeterkontur 12 der Ringe 9 den Mittelpunkten 15 der innersten und die Perimeterkontur 12 der Scheiben 10 den Mittelpunkten 14 der äußersten Rohrbündelrohre 3, wobei die Perimeterkontur 12 noch jeweils Ring- bzw. Scheibenmaterial bzw. einen Schenkel 16 mit einschließt, damit jedes einzelne Rohrbündelrohr 3 durch diesen Schenkel 16 umsäumt oder umragt wird (siehe Figuren 3 bis 9), um damit eben auch die innersten bzw. äußersten Rohre 3 lateral sicher abzustützen. Durch die erfindungsgemäße Perimeterkontur 12 wird in

vorteilhafter Weise der Strömungsquerschnitt an der Durchströmungsseite 13 der Umlenkbleche, d.h. an den Ringen 9 und an den Scheiben 10, so groß wie möglich gehalten. Dabei bleibt die Breite B des Materialüberstandes bzw. Schenkels 16 zwischen Außenwand des äußersten bzw. innersten Rohres 3 und der Perimeterkontur 12 zumindest partiell vorzugsweise konstant. Eine weitere vorzugsweise Ausbildung sieht eine Breite B des Schenkels 16 von drei bis zehn Millimetern, eine besonders bevorzugte Ausbildung sieht eine Breite B des Schenkels 16 von weniger als drei Millimeter vor.

Die Perimeterkontur 12 der Ringe 9 bzw. Scheiben 10 kann, wie in den Figuren 5 und 6 dargestellt, der Außenkontur der äußersten bzw. innersten Rohre 3 wellenförmig folgen, wobei die Perimeterkontur 12 gemäß der Figuren 7 bis 9 vorteilhaft zumindest partiell der vorgenannten Rohr-Außenkontur wellenförmig folgt. Die Figuren 7 bis 9 zeigen eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung auf, die darin besteht, dass die Perimeterkontur 12 zumindest partiell parallel zu einer gedachten Verbindungsline zweier oder mehrerer äußerer bzw. innerer Rohr-Mittelpunkte 14, 15 verläuft. In diesem Fall wird die Breite B des Schenkels 16 definiert als senkrechter Abstand zwischen Perimeterkontur 12 und Außenwand des Rohres 3. Anhand der vorgenannten vorteilhaften Ausbildungen können einerseits die erfindungsgemäßen Ringe 9 und Scheiben 10 fertigungsseitig vereinfacht und kostengünstig hergestellt werden und andererseits der freie Durchtrittsquerschnitt des Heiz- oder Kühlmediums 20 an der Durchströmungsseite 13 der Ringe 9 bzw. Scheiben 10 maximiert werden.

Die Bohrungen bzw. zylindrischen Ausnehmungen 11, mit denen die Ringe 9 sowie die Scheiben 10 zur Aufnahme sämtlicher Rohre 3 eines Gaskanals 4, 5 ausgebildet sind, sind dabei derart angeordnet, dass jedes einzelne Rohrbündelrohr 3 achsparallel zur Kanal- bzw. Rohrbündelwärmetauscher-Längsachse 6 fluchtend in den jeweiligen Bohrungen 11 der Ringe 9 und Scheiben 10 aufgenommen und geführt werden. Die Rohre 3 sind mit den Ringen 9 bzw. Scheiben 10 nicht fest miteinander verbunden und können bei Erwärmung im Betriebszustand in den Bohrungen 11 axial frei dehnen.

Durch die erfindungsgemäße Maßnahme, dass die Ringe 9 und Scheiben 10 jeweils sämtliche Rohrbündelrohre 3 eines Kanals bzw. Gaskanals 4, 5 aufnehmen, halbiert sich

die vormalige Stützweite S eines jeden Rohres 3 zwischen zwei Ringen 9 bzw. zwischen zwei Scheiben 10 auf die halbe Stützweite S/2. Dies ist zum einen vorteilhaft für die laterale Abstützung der Rohrbündelrohre 3, da jedes einzelne Rohr 3 praktisch zweimal so häufig abgestützt wird als bei bekannten Ausführungen. Zum anderen ist die erfindungsgemäße Ausbildung vorteilhaft bezüglich der Verhinderung von Resonanzschwingungen der Rohre 3 und infolgedessen auch der Verhinderung von hohen mechanischen Belastungen dieser Rohre 3, die durch die Resonanzschwingungen hervorgerufen werden.

Eine Schwingungsresonanz an den Rohren 3 bildet sich bekanntlich, wenn die Eigenfrequenz der Rohre mit der Erregungsschwingungsfrequenz des Mediums bzw. des Heiz- oder Kühlmediumstromes 20 übereinstimmt, wobei die Erregungsschwingungsfrequenz des Mediums von der Querkomponente der Strömungsgeschwindigkeit des Mediums und der Rohrteilung abhängig ist während die Eigenfrequenz der Rohre 3 hauptsächlich vom Rohrdurchmesser, der Wanddicke der Rohre 3 und dem Abstand der Stützpunkte (Rohrplatte 17, Ringe 9 und Scheiben 10) bestimmt wird.

Durch die erfindungsgemäße Anordnung kann in einfacher Weise die Schwingungsresonanz innerhalb des Rohrbündelwärmetauschers 1 verhindert werden sowie die Rohre 3 sicher abgestützt werden, ohne die Abstände der Umlenkbleche, d.h. die Ringe 9 und Scheiben 10 untereinander zu verringern und somit höhere Druckverluste auf der Kanal- bzw. Heiz- oder Kühlmediumseite 20 zu erzeugen. Durch die halbierten Stützabstände ist es ggf. möglich, ohne die vorteilhafte Wirkung zu verlieren, die Dimension des Stützabstandes zu vergrößern oder die Wanddicke der Rohre 3 zu verringern.

Die Figuren 2 bis 4 zeigen einen erfindungsgemäßen Rohrbündelwärmetauscher 1 auf, der mit zwei in bevorzugter Ausbildung konzentrisch zueinander angeordneten Kanälen bzw. Gaskanälen 4, 5 ausgebildet ist. Dabei sind in vorteilhafter Weise bei zwei oder mehreren vorhandenen Kanälen bzw. Gaskanälen 4, 5 die mit Perimeterkontur 12 ausgebildeten und sämtliche Rohre 3 aufnehmenden Ringe 9 und Scheiben 10 im äußeren Kanal 5 oder den äußeren Gaskanälen angeordnet. Diese Maßnahme verhindert einen hohen Medium-Druckverlust innerhalb des Wärmetauschers 1, da der Mediumstrom 20 im inneren Kanal

4, in dem das Gas noch eine sehr hohe Temperatur aufweist und infolgedessen ein großes Volumen bzw. eine hohe Durchtrittsgeschwindigkeit besitzt, einen freieren Durchtritt, d.h. einen größeren Durchströmungsquerschnitt, vorfindet.

Während die Figuren 2 bis 6 einen erfindungsgemäßen Rohrbündelwärmetauscher 1 mit aus U-Rohren 3 gebildeten Rohrbündeln 2 zeigen, dessen inneres Rohrfeld im Gaskanal 4 und dessen äußeres Rohrfeld im Gaskanal 5 angeordnet ist, zeigen die Figuren 7 bis 9 einen erfindungsgemäßen Rohrbündelwärmetauscher 1 mit aus geraden Rohren 3 gebildeten Rohrbündel 2 auf. Die strukturelle Anordnung dieser geraden Rohre 3 innerhalb des Kanals 4, 5 über den Querschnitt gesehen ist im Gegensatz zur Anordnung der U-Rohre 3 frei gestaltbar. In vorteilhafter Weise können die geraden Rohre 3 querschnittseitig innerhalb des Kanals 4, 5 in einer dreieck- oder viereckförmigen oder einer anderen geometrischen Struktur bzw. Rohrteilung angeordnet werden. Eine dreieckförmige Rohrteilung, wie sie Figuren 8 und 9 aufweisen, bietet sich für Rohrbündelwärmetauscher 1 mit hohen bis sehr hohen Drücken an, während sich viereckförmige Rohrteilungen gemäß der Figur 7 oder eine andere geometrische Rohrteilung sich für mittlere und niedrige Drücke anbietet.

Bei Rohrbündelwärmetauschern 1 mit aus geraden Rohren 3 gebildeten Rohrbündel 2 kann es vorteilhaft sein, Ringe 9 und/oder Scheiben 10 halbmondförmig (nicht abgebildet) auszubilden. Dies führt zu einer stärkeren Queranströmung der Rohre 3 durch den Heiz- oder Kühlmediumstrom 20 und somit auch zu einem höheren Wärmeübergang.

Der erfindungsgemäße Rohrbündelwärmetauscher 1 beschränkt sich nicht auf die in den vorgenannten Figuren aufgeführten Anwendungsbeispiele.

**Bezugszeichenliste:**

- 1 Rohrbündelwärmetauscher
- 2 Rohrbündel
- 3 Rohr eines Rohrbündels
- 4 Kanal bzw. Gaskanal
- 5 Kanal bzw. Gaskanal
- 6 Kanal-Längsachse
- 7 Innere Kanal-Mantelwand
- 8 Äußere Kanal-Mantelwand
- 9 Ring
- 10 Scheibe
- 11 Zylindrische Ausnehmung bzw. Bohrung
- 12 Perimeterkontur
- 13 Heiz- oder Kühlmedium-Durchströmungsseite
- 14 Mittelpunkt äußerster Röhre
- 15 Mittelpunkt innerster Röhre
- 16 Schenkel
- 17 Rohr- bzw. Endplatte
- 18 Eintrittskanal
- 19 Austrittskanal
- 20 Heiz- oder Kühlmediumstrom

**Patentansprüche**

1. Rohrbündelwärmetauscher mit wenigstens einem, ein Heiz- oder Kühlmedium, insbesondere ein Heizgas führenden Kanal (4, 5), wobei die Rohre (3) der Rohrbündel (2) im wesentlichen achsparallel zur Kanal-Längsachse (6) durch den Kanal (4, 5) verlaufen und das Heiz- oder Kühlmedium durch an den jeweiligen Mantelwänden (7, 8) des Kanals (4, 5) abwechselnd angeordnete und befestigte Ringe (9) und Scheiben (10) in axialer Richtung des Kanals (4, 5) gesehen zickzackförmig durch den im wesentlichen einen kreisringförmigen Querschnitt aufweisenden Kanal (4, 5) geleitet wird, dadurch gekennzeichnet, dass in wenigstens einem Kanal (4, 5) die Ringe (9) und Scheiben (10) jeweils sämtliche Rohre (3) eines Kanals (4, 5) mittels zylindrischer Ausnehmungen (11) aufnehmen und positionieren und die Perimeterkontur (12) der Ringe (9) und der Scheiben (10) an der Medium-Durchströmungsseite (13) jeweils den Mittelpunkten (14, 15) der äußersten bzw. innersten Rohrbündelrohre (3) folgen, wobei die Perimeterkontur (12) einen sämtlichen äußersten bzw. innersten Rohre (3) umhüllenden Schenkel (16) umfasst.
2. Rohrbündelwärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite (B) des Schenkels (16) als Abstand zwischen der Außenwand des Rohres (3) und der Perimeterkontur (12) zumindest teilweise konstant bleibt.
3. Rohrbündelwärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite (B) des Schenkels (16) zwischen 3 und 10 mm liegt.
4. Rohrbündelwärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite (B) des Schenkels (16) kleiner 3 mm ist.
5. Rohrbündelwärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Perimeterkontur (12) zumindest teilweise wellenförmig der Außenkontur der äußersten bzw. innersten Rohre (3) folgt.

6. Rohrbündelwärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Perimeterkontur ( 12 ) zumindest teilweise parallel zu einer gedachten Verbindungsline zweier oder mehrerer äußerer bzw. innerer Rohr-Mittelpunkte ( 14, 15 ) verläuft.
7. Rohrbündelwärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei mehr als einem vorhandenen Kanal ( 4, 5 ) diese konzentrisch zueinander angeordnet sind.
8. Rohrbündelwärmetauscher nach Ansprache 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei mehr als einem vorhandenen Kanal ( 4, 5 ) die mit Perimeterkontur ( 12 ) ausgebildeten und sämtliche Rohre ( 3 ) aufnehmenden Ringe ( 9 ) und Scheiben ( 10 ) im äußeren Kanal ( 5 ) oder den äußeren Kanälen angeordnet sind.
9. Rohrbündelwärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 8; dadurch gekennzeichnet, dass die Rohrbündelrohre ( 3 ) als U- Rohre oder als gerade Rohre ausgebildet sind.
10. Rohrbündelwärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Ringe ( 9 ) und/oder Scheiben ( 10 ) halbmondförmig ausgebildet sind.
11. Rohrbündelwärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass querschnittsseitig die Rohre ( 3 ) innerhalb des Kanals ( 4, 5 ) in einer dreieck- oder viereckförmigen oder einer anderen geometrischen Teilung bzw. Struktur angeordnet sind..

## Zusammenfassung

Rohrbündelwärmetauscher mit wenigstens einem, ein Heiz- oder Kühlmedium, insbesondere ein Heizgas führenden Kanal ( 4, 5 ), wobei die Rohre ( 3 ) der Rohrbündel ( 2 ) im wesentlichen achsparallel zur Kanal-Längsachse ( 6 ) durch den Kanal ( 4, 5 ) verlaufen und das Heiz- oder Kühlmedium durch an den jeweiligen Mantelwänden ( 7, 8 ) des Kanals ( 4, 5 ) abwechselnd angeordnete und befestigte Ringe ( 9 ) und Scheiben ( 10 ) in axialer Richtung des Kanals ( 4, 5 ) gesehen zickzackförmig durch den im wesentlichen einen kreisringförmigen Querschnitt aufweisenden Kanal ( 4, 5 ) geleitet wird, wobei in wenigstens einem Kanal ( 4, 5 ) die Ringe ( 9 ) und Scheiben ( 10 ) jeweils sämtliche Rohre ( 3 ) eines Kanals ( 4, 5 ) mittels zylindrischer Ausnehmungen ( 11 ) aufnehmen und positionieren und die Perimeterkontur ( 12 ) der Ringe ( 9 ) und der Scheiben ( 10 ) an der Medium-Durchströmungsseite ( 13 ) jeweils den Mittelpunkten ( 14, 15 ) der äußersten bzw. innersten Rohrbündelrohre ( 3 ) folgen, wobei die Perimeterkontur ( 12 ) einen sämtliche äußersten bzw. innersten Rohre ( 3 ) umhüllenden Schenkel ( 16 ) umfasst (Fig. 2 und 3).

Fig.1.

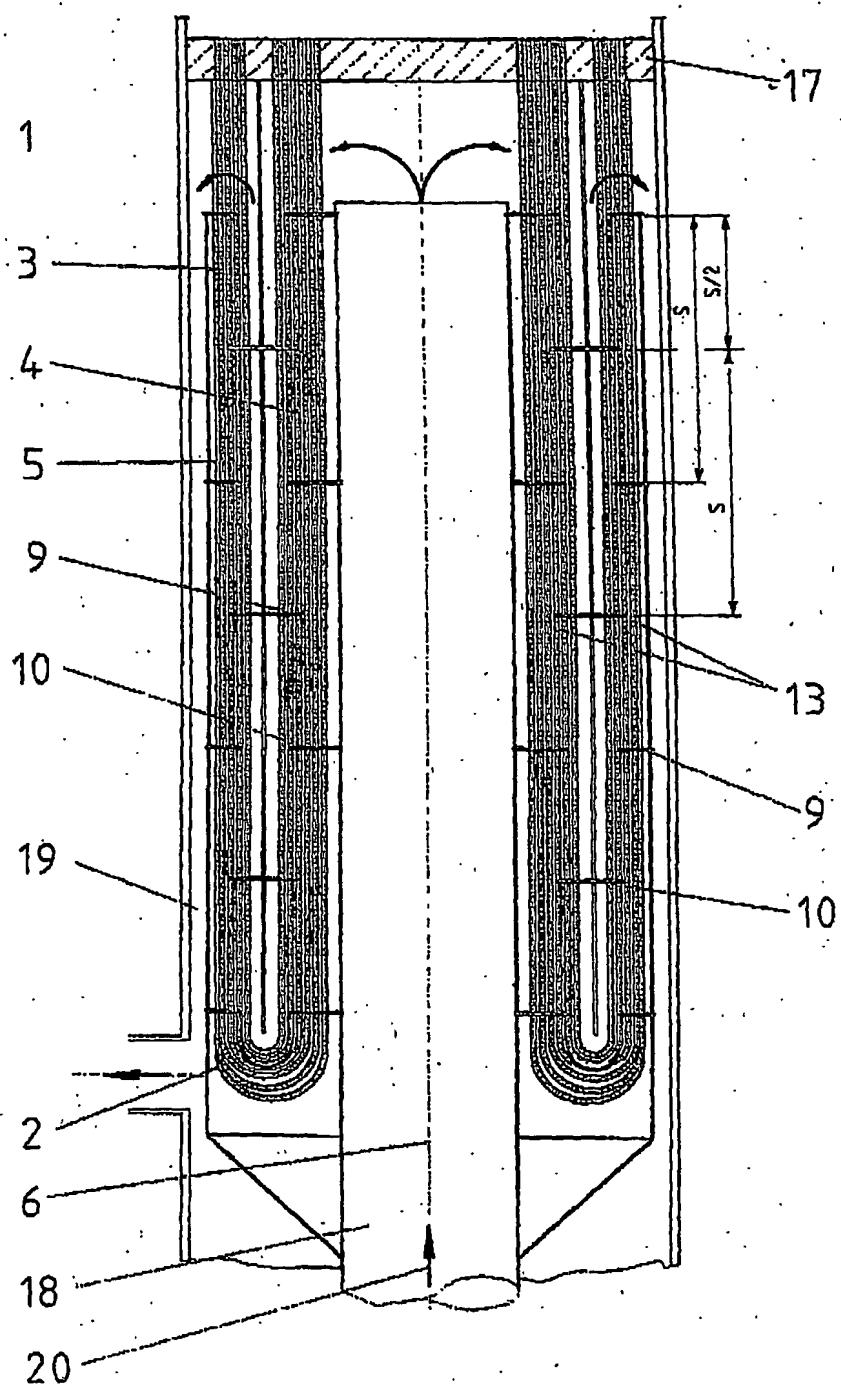


Fig.2

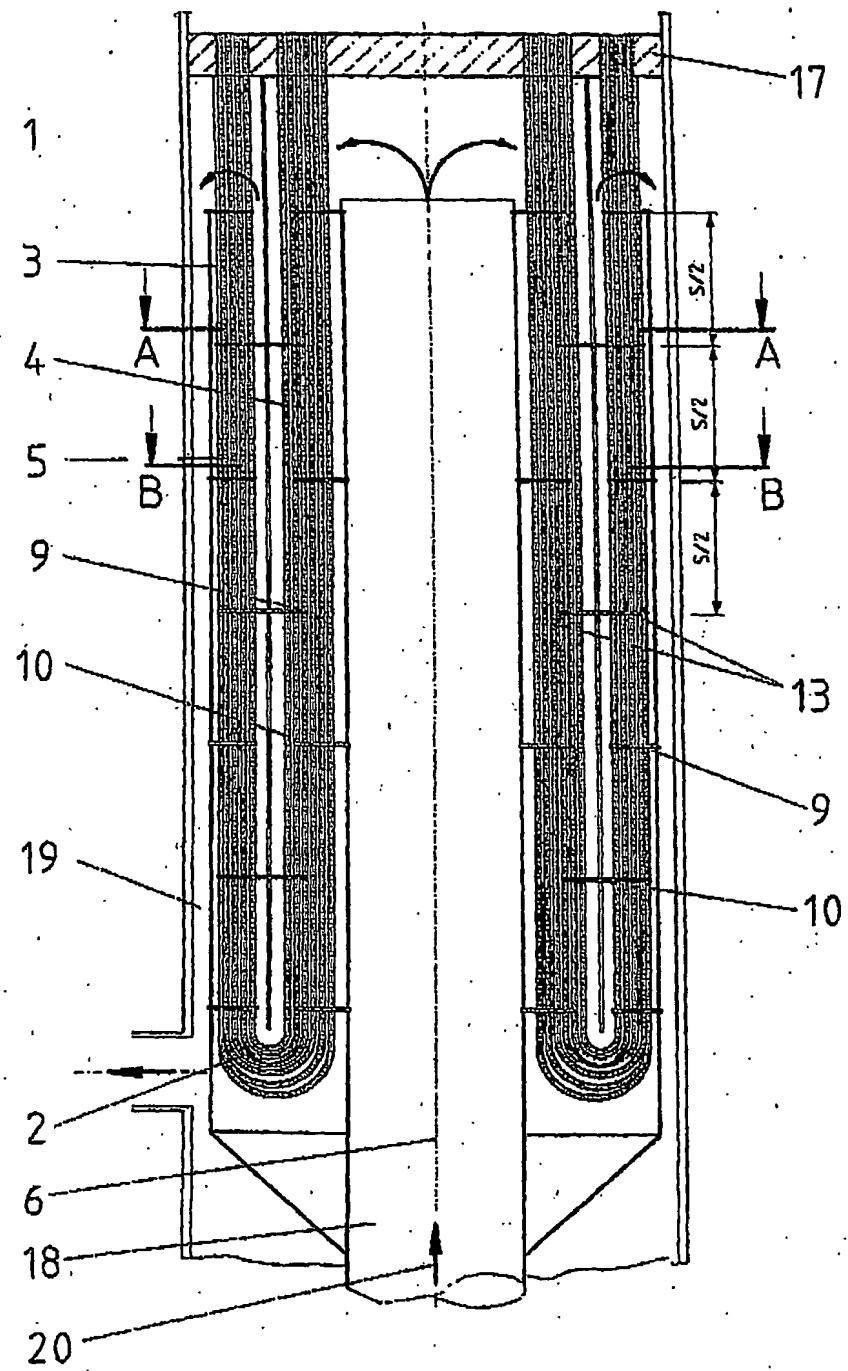


Fig.3

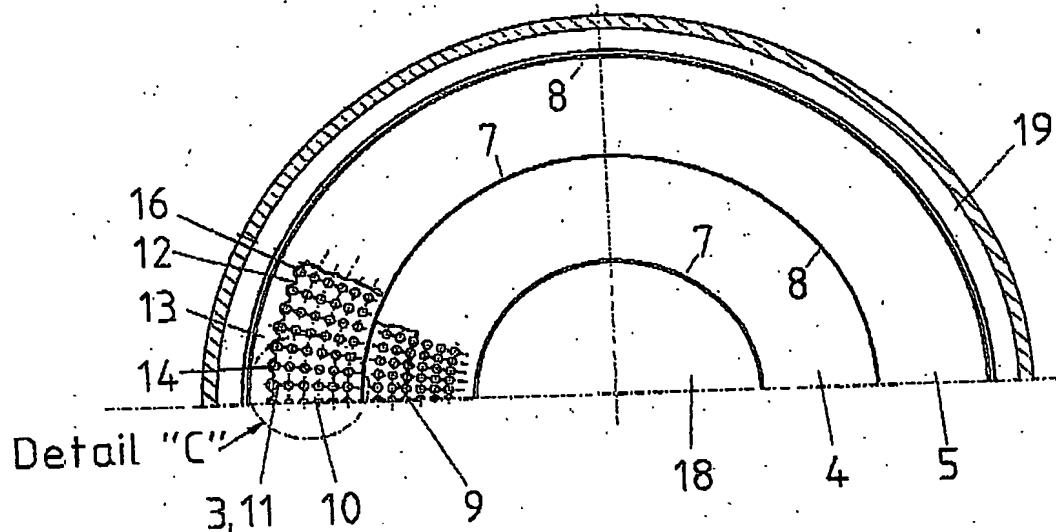


Fig.4

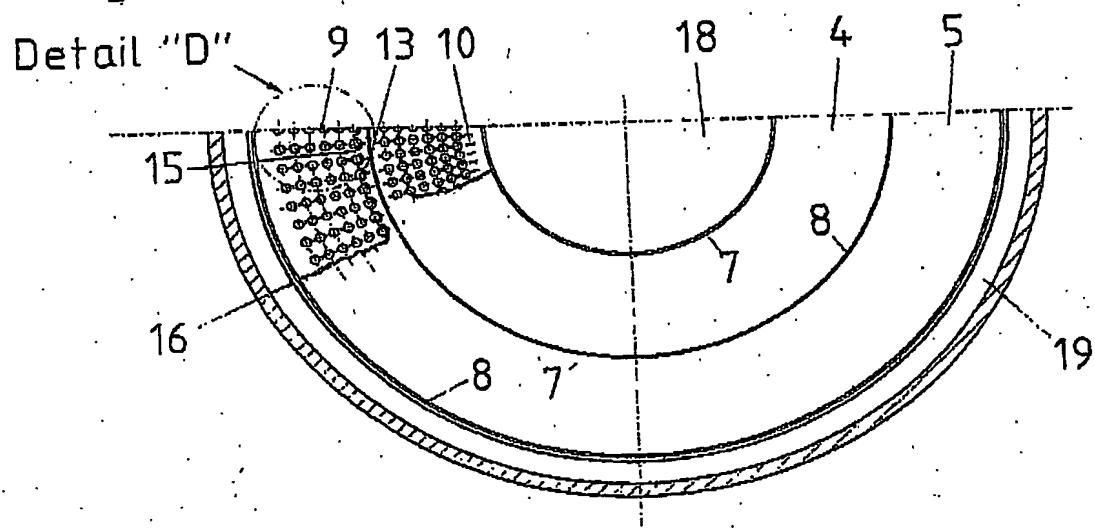


Fig.5

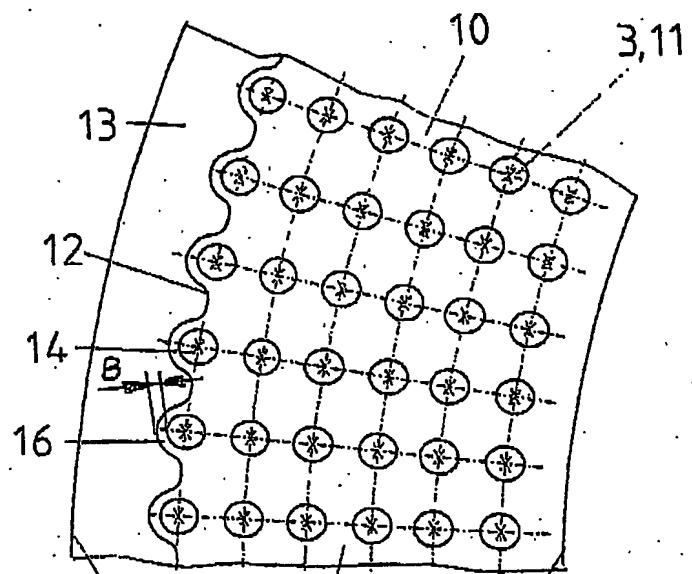


Fig.6

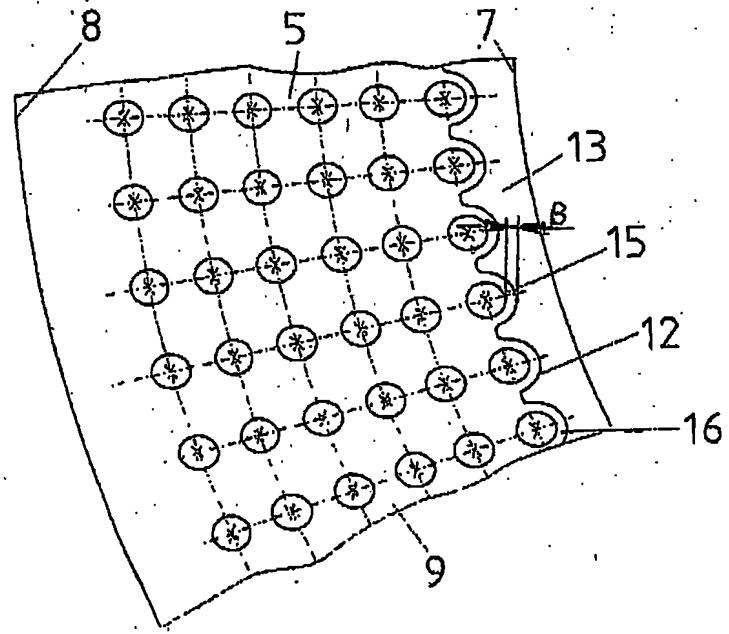


Fig.7

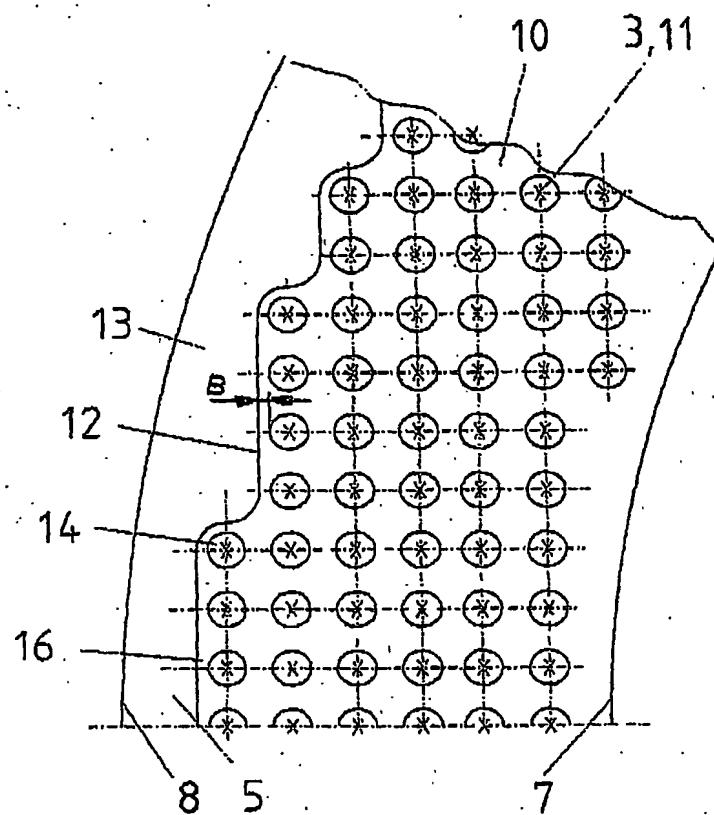


Fig.8

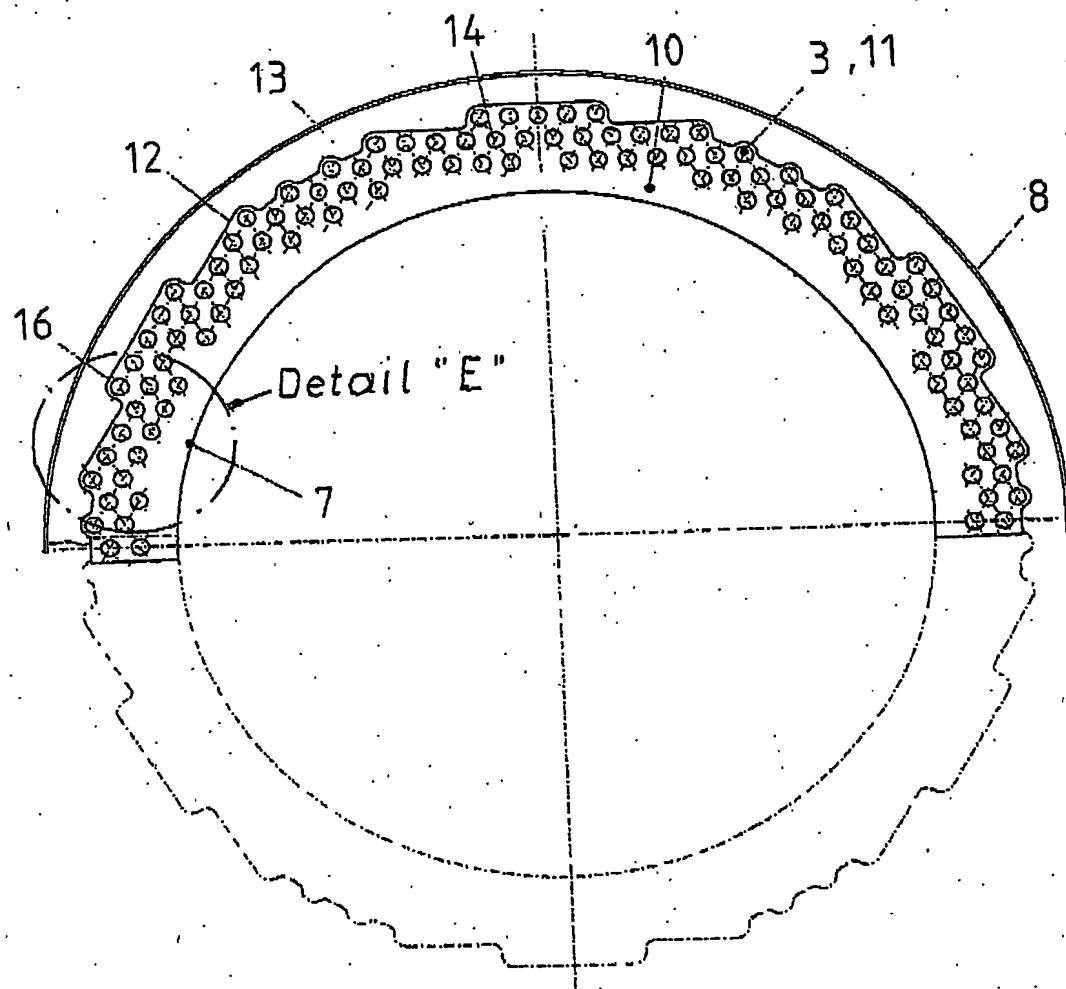
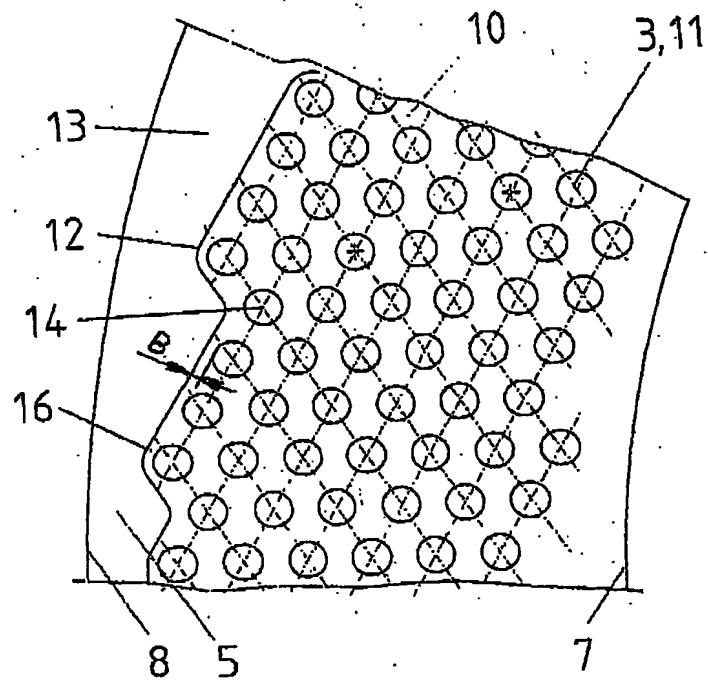


Fig.9



DEUTSCHE BABCOCK

BABCOCK-BORSIG

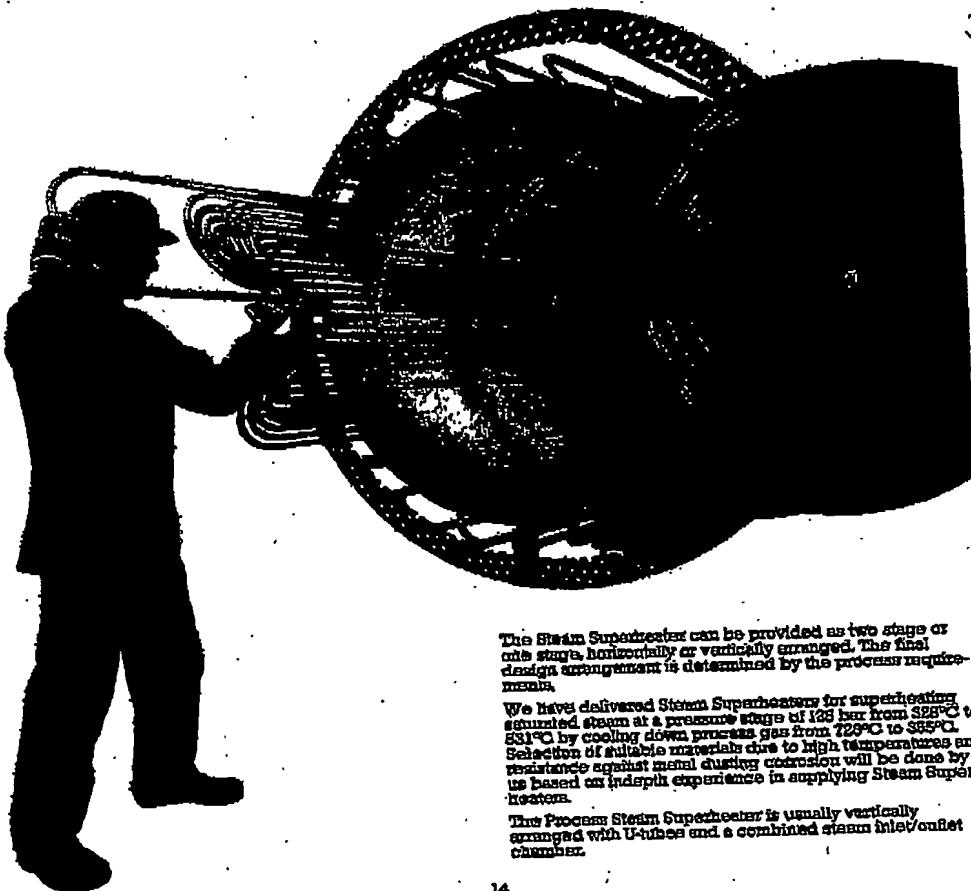
## Process Gas Waste Heat Recovery Systems

for ammonia,  
methanol,  
hydrogen  
and coal  
gasification  
plants



## Steam Superheaters

Babcock-Borsig supplies Steam Superheaters for the steam reforming process. The Steam Superheaters are arranged direct in line after the West Heat Sectors which are connected to the Secondary Reformer or Heizkammer - depending on the process.



The Steam Superheater can be provided as two stage or one stage, horizontally or vertically arranged. The final design arrangement is determined by the process requirements.

We have delivered Steam Superheaters for superheating saturated steam at a pressure stage of 125 bar from 325°C to 531°C by cooling down process gas from 725°C to 365°C. Selection of suitable materials due to high temperatures and resistance against metal cladding corrosion will be done by us based on in-depth experience in supplying Steam Superheaters.

The Process Steam Superheater is usually vertically arranged with U-tubes and a combined steam inlet/outlet chamber.

The reformed gas flows on the shell side in a guiding jacket in countercurrent to the steam on tube side. The gas outlet temperature requires no refractory lining of the shell. Refractory lining is only provided in the lower bypass area for safety reasons.

The tubesheet is provided with an insulation and an additional heat shield on gas side and is cooled by the steam flow.

The guiding jacket is provided with an integral insulation, therefore heat transfer is excluded between cooled down and hot gas.

The U-tubes are arranged in such way that the cold shanks for the cold inflowing steam are in the outer section of the tubesheet. The hot shanks are arranged in the center of the tubesheet and are connected to the internal chamber for the hot outflowing steam.

This tube arrangement ensures a radial temperature distribution across the thick tubesheet which results in low thermal primary and secondary stresses.

The superheater is provided with a pneumatic bypass actuator for controlling the gas outlet temperature as well as the steam superheating temperature.



Fig. 30  
Crossed steam inlet/outlet chamber of Superheater

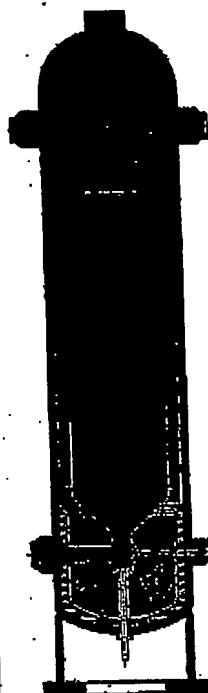


Fig. 31  
Cross section of Superheater with internal gas side bypass valve

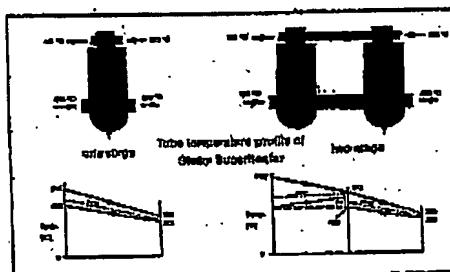


Fig. 32  
Tube temperature profile



**DEUTSCHE BABCOCK**

**BABCOCK-BORSIG**

**DEUTSCHE BABCOCK-BORSIG  
AKTIENGESELLSCHAFT**

Egelseestraße 21 · D-1300 Berlin (Germany)  
Phone 030/430100 · Fax 030/43012256

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**